

Docket No. 1232-5068

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Kenji YAMAZOE

Serial No.: 10/600,490

Filed: June 20, 2003

Group Art Unit: 2812

Confirmation No. 6772

Examiner: TBA

For: PHASE SHIFT MASK, AND EXPOSURE METHOD AND DEVICE
MANUFACTURING METHOD USING THE SAME

CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:


1. Claim to Convention Priority w/ 1 document
2. Certificate of Mailing
3. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: October 27, 2003

By:


Helen Tiger

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile

CFE 3502 US (✓)
180948/2002

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 6 月 2 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 1 8 0 9 4 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 1 8 0 9 4 8]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎

出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 3 6 2 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 4649067

【提出日】 平成14年 6月21日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G03F 7/20
G03F 1/14
H01L 21/027

【発明の名称】 位相シフトマスク、該位相シフトマスクを用いたパターン形成法、該パターン形成法による固体素子

【請求項の数】 3

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 山添 賢治

【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】
【識別番号】 100105289
【弁理士】
【氏名又は名称】 長尾 達也

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 038379
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703875

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位相シフトマスク、該位相シフトマスクを用いたパターン形成法、該パターン形成法による固体素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクパターンをウエハ上に転写する際に用いられる所定の透光パターンと透過光に位相差を与えるためマスク基板を掘り込むことで形成した位相シフトを有する透過光パターンが周期的に続いており、かつ両透光部の幅が等しい位相シフトマスクにおいて、マスク基板非掘り込み部に設けた遮光膜を掘り込み部及び掘り込み部側壁にも延在させてあり、掘り込み部側壁に設けた遮光膜厚がマスク基板非掘り込み部及び掘り込み部に設けた遮光膜の 1.5 倍以上であることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項 2】 請求項 1 記載の位相シフトマスクを用いてウエハ上にパターンを転写することを特徴とするパターン形成法。

【請求項 3】 請求項 2 記載のパターン形成法を用いて製造したことを特徴とする固体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、位相シフトマスク、該位相シフトマスクを用いたパターン形成法、該パターン形成法による固体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、大規模半導体集積回路等の固体素子における微細パターンの形成には、主に縮小投影露光法が用いられてきた。図 7 は投影露光装置の概要を模式的に表した図である。図 7 において、11 は原版としてのマスクで所定の遮光部と透過部からなり、このマスクを照明系 14 で照射する。透光部を抜けた光はマスクによって回折されるが、回折光を投影光学系 12 で集光し、マスク上の所定のパターンを光学像として基板上に露光することができる。

【0003】

上記法を用いて、解像力を飛躍的に向上することができる方法の一つに、マスク上の隣り合った透光領域を通過した露光光の間に位相差を導入する方法（以下、位相シフト法と呼ぶ）がある。この方法は、例えば細長い透光領域と遮光領域の繰り返しパタンの場合、マスク上の互いに隣り合った透光領域を通過した光の位相差がほぼ180度もしくはその奇数倍になるように、上記透光領域の一つおきに位相差を導入するための透明材料（位相シフタ）をマスク上に設けるものである。通常の実用においてはマスク上の互いに隣り合った透光領域を通過した光の位相差がほぼ180度にするのが一般的であるので、以下、マスク上の互いに隣り合った透光領域を通過した光の位相差がほぼ180度の場合を論ずる。

【0004】

位相シフト法で用いられるマスク（以下、位相シフトマスク）は、例えば従来用いられてきたようなバイナリマスクの所定の透光領域上に上記位相シフタを設けることにより作成することができる。これについては、例えばアイ・イー・イー・イー、トランザクション オン エレクトロン デバイスイズ、イー ディー 29, ナンバ12（1982年）第1828頁から第1836頁（IEEE Trans. Electron Devices, ED29, No12（1982） pp1828-1836）において論じられている。

【0005】

マスク基板自体をエッチング加工して位相シフタ部を設けたタイプの位相シフトマスクにおいて、図1（a）に模式的に示したように位相シフトパタンを配置しない透光領域寸法aと位相シフトパタンを配置した透光領域寸法bが等しくなるようにマスク基板をエッチング加工した場合、投影光学像は図3（a）に示したように位相シフトパタンを配置したマスクパタンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 が位相シフトパタンを配置していないマスクパタンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 よりも低下するという現象が生じる。このような光学像でウエハ上にパタンを転写すると、位相シフトパタンを配置しないマスクパタンに対応したウエハ上の寸法 d_2 よりも位相シフトパタンを配置したマスクパタンに対応したウエハ上の寸法 d_1 の方が小さくなってしまう。

【0006】

また、マスク基板にエッチング加工を施して位相シフトパターンを配置したとき、マスク基板エッチング部側壁から露光光が漏れてくる。前記側壁から漏れてくる光は位相シフトパターンを配置していない隣り合った透光領域を通過した露光光との位相差を180度に保っているわけではない。この現象は位相シフトパターンを配置したマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 が位相シフトパターンを配置していないマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 よりも低下する要因の一つになっている。

【0007】

そこで、図1(c)のようにマスク基板エッチング部及び側壁部分にも遮光膜を延在させることによりマスク基板エッチング部側壁からの露光光の漏れを防ぎ、位相シフトパターンを配置したマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 が位相シフトパターンを配置していないマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 よりも低下する現象をある程度軽減できる。従来上記側壁部の遮光膜はこのように、露光光の漏れを防ぐために設けられたので、その遮光膜厚は考察の対象になっていなかった。

【0008】

特開平11-119411号公報では基板エッチング側壁部に遮光膜を設けているが、掘り込み部における透光部の寸法とマスク基板エッチング量についての指定はない。特に、図2(f)に模式的に示したように、掘り込み部における透光部の寸法と基板エッチング幅から側壁部に設けた遮光膜厚を差し引いた寸法がほぼ等しいとき、後に紹介する結果図5からわかるとおり位相シフトパターンを配置したマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 が位相シフトパターンを配置していないマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 よりも低下する現象を軽減できない。むしろ掘り込み部側壁に遮光膜がない場合よりも位相シフトパターンを配置したマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 が位相シフトパターンを配置していないマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 よりもさらに低下してしまう場合があり得る。

【0009】

そこで、図1(c)に模式的に示したように掘り込み部における透光部の幅と

基板エッチング幅から側壁部に設けた遮光膜厚を差し引いた寸法が同程度にならないよう設計されたマスクパターンによる投影光学像を図3（b）に示す。図3（b）の投影光学像からわかるとおり位相シフトパターンを配置したマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 と位相シフトパターンを配置していないマスクパターンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 の差を完全になくすわけではないので、このような光学像でウエハ上にパターンを転写すると、やはり位相シフトパターンを配置しないマスクパターンに対応したウエハ上の寸法 d_2' よりも位相シフトパターンを配置したマスクパターンに対応したウエハ上の寸法 d_1' の方が小さくなってしまう。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

マスク基板をエッチング加工し位相シフトを設けたタイプの位相シフトマスクでは、遮光膜よりマスク基板側をエッチング加工して形成したマスクパターン面の凹凸形状に起因して、マスクパターンを転写するウエハ上での光強度分布が変化してしまう。このため、マスクパターン寸法が同一であっても位相シフトを設けたパターンと位相シフトを設けていないパターンとでウエハ上に転写したパターンの寸法が異なってしまうという問題があった。

【0011】

従来、この問題を解決する方法として、図1（b）に模式的に示したように位相シフトパターンを加工したパターンの遮光膜をオーバーハング形状に形成する方法があった。しかし、この方法では遮光膜がオーバーハング形状になった部分の機械的な強度の問題からマスク製造工程上マスクパターン欠陥が生じ易いという問題があり、異物が位相シフトパターンを加工した凹形状部分に入り込んでしまった場合、異物除去が困難であるという問題があるため根本的な解決とは言えない。

【0012】

そこで、本発明は、新規かつ有用な位相シフトマスク、該位相シフトマスクを用いたパターン形成法、該パターン形成法による固体素子を提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を達成するため、つぎの（１）～（３）のように構成した位相シフトマスク、該位相シフトマスクを用いたパターン形成法、該パターン形成法による固体素子を提供するものである。

（１）マスクパターンをウエハ上に転写する際に用いられる所定の透光パターンと透過光に位相差を与えるためマスク基板を掘り込むことで形成した位相シフトを有する透過光パターンが周期的に続いており、かつ両透光部の幅が等しい位相シフトマスクにおいて、マスク基板非掘り込み部に設けた遮光膜を掘り込み部及び掘り込み部側壁にも延在させてあり、掘り込み部側壁に設けた遮光膜厚がマスク基板非掘り込み部及び掘り込み部に設けた遮光膜の 1.5 倍以上であることを特徴とする位相シフトマスク。

（２）上記（１）記載の位相シフトマスクを用いてウエハ上にパターンを転写することを特徴とするパターン形成法。

（３）上記（２）記載のパターン形成法を用いて製造したことを特徴とする固体素子。

【0014】**【発明の実施の形態】**

上記構成を適用することにより、新規かつ有用なマスク、該マスクを用いたパターン形成方法及び該形成法を用いて製造されたデバイスを提供することが可能となる。

より特定的には、マスクパターンをウエハ上に転写する際に用いられる所定の透光パターンと透過光に位相差を与えるためマスク基板を掘り込むことで形成した位相シフトを有する透過光パターンの幅が等しい位相シフトマスクにおいて、マスク基板非掘り込み部に設けた遮光膜を掘り込み部及び掘り込み部側壁にも延在させてあり、掘り込み部側壁に設けた遮光膜厚がマスク基板非掘り込み部及び掘り込み部に設けた遮光膜の 1.5 倍以上とすることで、位相シフトマスクにおける掘り込み非掘り込み部の結像強度をなくすようにすることが可能となる。

【0015】

つぎに、本実施形態による開口数 $NA = 0.6$ 、縮小比 4:1 の KrF エキシ

マレーザ（露光波長 248 nm）縮小投影露光装置用位相シフトマスクにおける投影光学像について説明をする。

従来の技術で述べたように、位相シフト法はマスク上の互いに隣り合った透光領域を通過した露光光の位相差をほぼ 180 度とすることにより解像度の向上をはかる方法である。図 1（a）はマスク基板をエッチングして位相シフトを形成したタイプの位相シフトマスクの断面構造を模式的に示したものである。

【0016】

位相差を最適値である 180 度導入するためのエッチング深さは、次式で決定される。

$$[数1] \quad t = \lambda / 2 (n_1 - n_0)$$

ここで t はエッチング深さ、 λ は露光波長、 n_1 は露光波長 λ における位相シフトの屈折率である。マスク基板をエッチングして位相シフトを形成する場合マスク基板の一部が位相シフトとなるので、 n_1 はマスク基板の屈折率である。また、 n_0 は露光波長 λ における露光雰囲気（通常は、空気）の屈折率であり、実用上は 1 としてよい。

【0017】

本実施の形態ではマスク基板として合成石英の場合を想定する。前記合成石英の露光波長 248 nm における屈折率 n_1 は 1.51 である。マスク基板である合成石英マスク基板をエッチングして位相シフト部を形成した。【数 1】に基づくマスク基板のエッチング深さ t の最適値は 244 nm であった。

また、本実施の形態では遮光膜として用いた物質はクロムを仮定している。クロムの複素屈折率 n_c は $1.32 + 2.11i$ とする。ただし、 i は 2 乗すると -1 になる虚数単位である。

【0018】

光がある管状の物質中を進行するとき、管状の物質の形状、管を形成する物質、進行する光の偏光により光の進行の様子が異なる。本実施の形態のように、合成石英の掘り込み部の側壁部に遮光膜を設けた場合、露光光はある管の中を進行するかのように振舞う。この現象を考慮に入れることにより、前述の光強度の低下を補うことができる。

【0019】

【実施例】

以下に、本発明の実施例について説明する。

【0020】

図4(a)にマスク上のラインアンドスペース(L/S)パタンの比率が1:1のときの本実施例におけるマスクパタンの断面図を示す。位相シフトパタンを配置しないマスクパタンの透光領域寸法aを500nmとし、位相シフトパタンを配置したマスクパタンの透光領域寸法bも500nm、遮光部のマスクパタン寸法cも500nmとする。

【0021】

マスク形状は、基板エッチング幅eが1250nmで[数1]で定義された所定の深さtまで掘り込んであり、基板エッチング部両側に幅375nm、厚さ100nmの遮光膜が設けられている。基板にエッチングを施さない部分の幅は750nmで、その両側に幅125nm、厚さ100nmの遮光膜を設けている。このとき本実施形態の光学系の倍率を考慮すればウエハ上で125nmのL/Sパタンを転写することを目的としている。このマスクパタンが周期的に続いているとする。

【0022】

上記基本構成をもつマスクパタンにおいて合成石英の基板エッチング部側壁に遮光膜を設け、側壁部の遮光膜厚wを変化させたときの模式図を図4(b)に示す。このとき位相シフトパタンを配置したマスクパタンに対応したウエハ上の光強度分布と位相シフトパタンを配置していないマスクパタンに対応したウエハ上の光強度分布の様子から見積もったウエハ上でのパタン線幅の差を調べた結果を図5に示す。図5の横軸は基板エッチング部側壁に設けた遮光膜厚w'である。縦軸は露光時の線幅誤差に相当するもので、以下定義を説明する。ウエハ上でのある光強度レベル I_s においてマスクパタンの遮光部に対応してウエハ上に形成されたパタンがマスク上のL/Sパタンの4分の1(光学系の倍率が4分の1倍なので、ここでは125nm)になったとする。この光強度レベル I_s において位相シフトパタンを配置していないマスクパタンに対応してウエハ上に形成され

たパタンの線幅を CD_1 とする。前記 CD_1 からマスク上の L/S パタンの 4 分の 1 を引いた値が図 5 の縦軸になる。

【0023】

マスクパタンの周期性を考慮したとき、図 5 の縦軸が 0 になれば、位相シフトパタンを配置したマスクパタンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_1 と位相シフトパタンを配置していないマスクパタンに対応したウエハ上の光強度の最大値 I_2 の差がなくなることを示している。図 5 から本実施例においては側壁部に設ける遮光膜厚を 185 nm もしくは 250 nm にすれば位相シフトパタンを配置したマスクパタンに対応したウエハ上の光強度と位相シフトパタンを配置していないマスクパタンに対応したウエハ上の光強度の差がほぼなくなる。また、図 5 から線幅誤差が 5 nm 以内（これは 125 nm の 4 % 以内に対応し実用上問題ない）になるには、基板エッチング部側壁に設ける遮光膜厚が 25 nm から 300 nm の範囲にあれば良い。

L/S パタンの比率や幅を変えても最適な基板エッチング部側壁に設ける遮光膜厚があることは調べてある。

【0024】

基盤エッチング幅 e についてであるが、大体ラインパタンとスペースパタンの和の 1.25 倍以上となるように広くとったほうがよい。掘り込み部側壁部の遮光膜は、側壁部から光が漏れるのを防ぎ、結像性能を変化させる特徴がある。そのため、あらかじめ基盤エッチング幅を大きくしておき、側壁部に薄い遮光膜をつける。そのマスクで露光評価を行い、掘り込み部、非掘り込み部で結像強度が違っていたらマスクを洗浄し、掘り込み部側壁に設ける遮光膜を厚くしていく。この動作を繰り返すことにより、掘り込み部と非掘り込み部の結像強度が等しいマスクを完成させることができる。

以上で説明した位相シフトマスクを用いることによって従来の位相シフトマスクよりも高い転写パタン精度を実現できることになる。

【0025】

【発明の効果】

本発明によれば、高い転写パタン寸法を実現できる位相シフトマスクが製造で

き、さらに高い転写精度を実現できるので高性能な大規模集積回路の製造が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

位相シフトマスクの断面構造を示した模式図。

【図 2】

位相シフトマスクの断面構造を示した模式図。

【図 3】

ウエハ上の光強度分布を示した図。

【図 4】

本発明の実施例におけるマスクパターンを示した模式図。

【図 5】

本発明の実施例のマスクパタンの作用を説明する図。

【図 6】

本発明によるマスクパターンを示した模式図。

【図 7】 従来技術の縮小投影露光法を説明するための露光装置の概要を模式的に表した図。

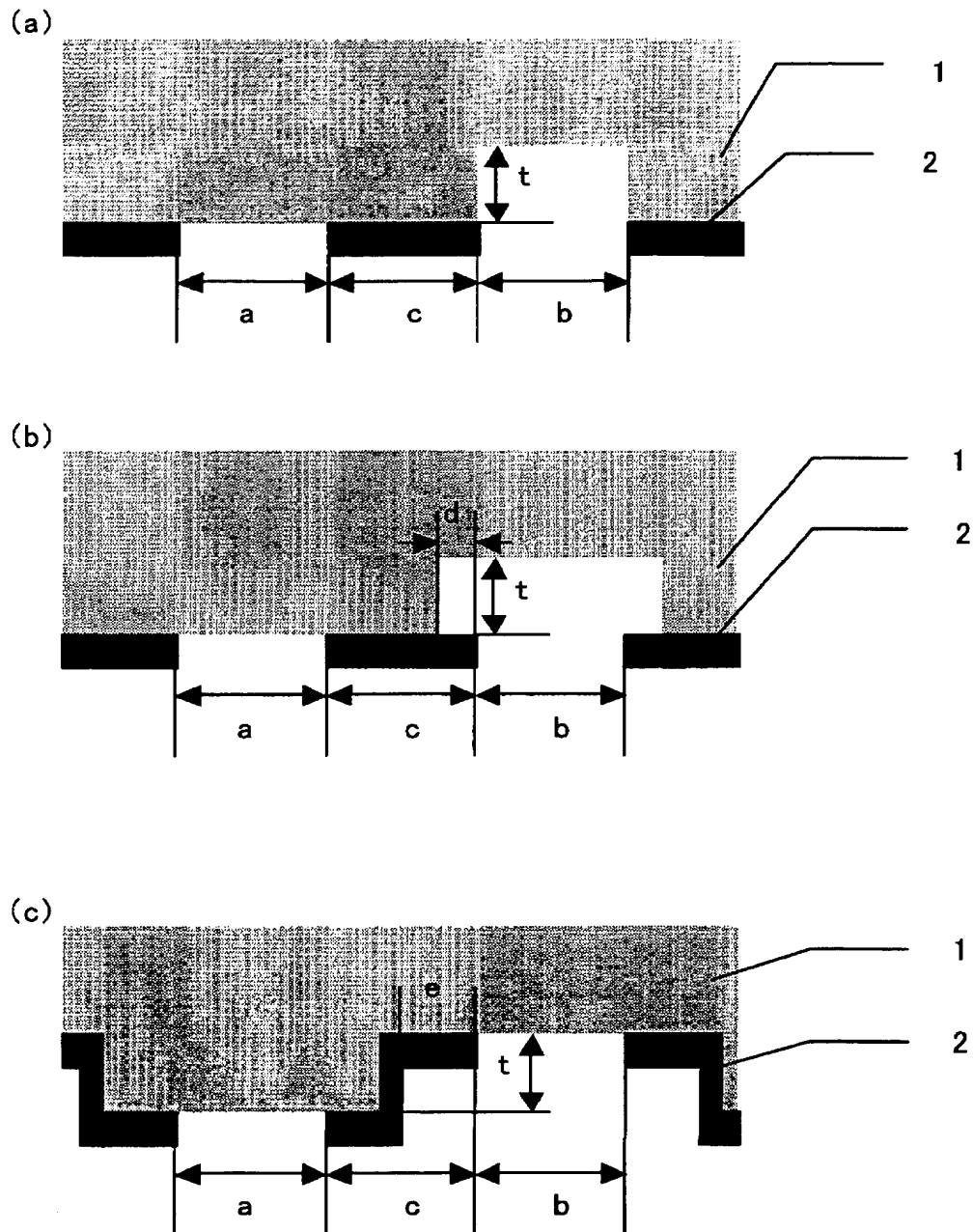
【符号の説明】

- 1：マスク基板
- 2：遮光膜
- 3：位相シフトを配置しないマスク透光部
- 4：位相シフトを配置したマスク透光部
- 5：マスク遮光部
- 11：フォトマスク
- 12：投影光学系
- 13：結像面
- 14：照明光学系

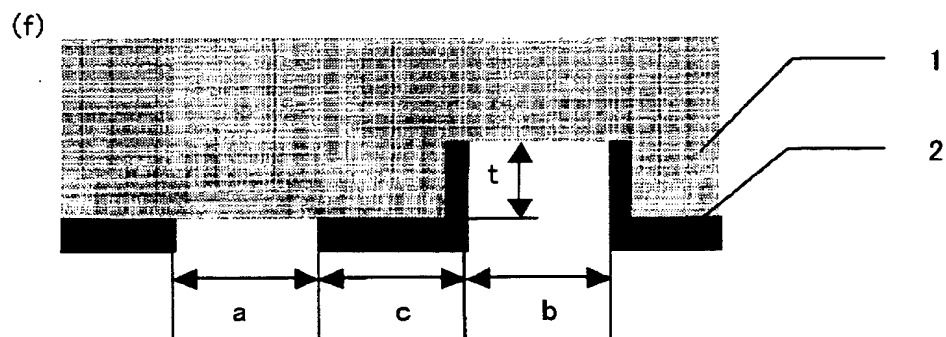
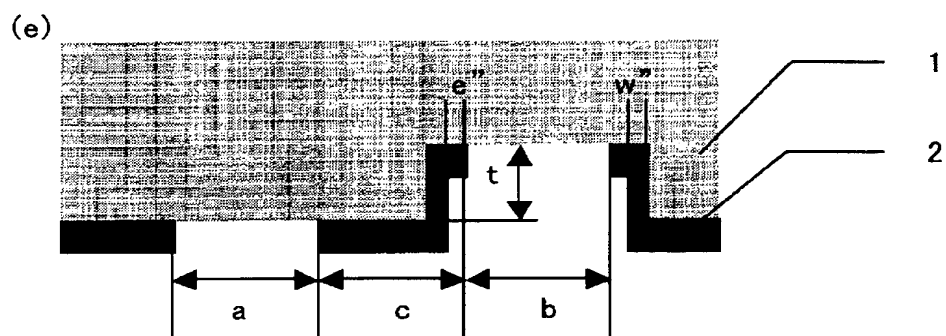
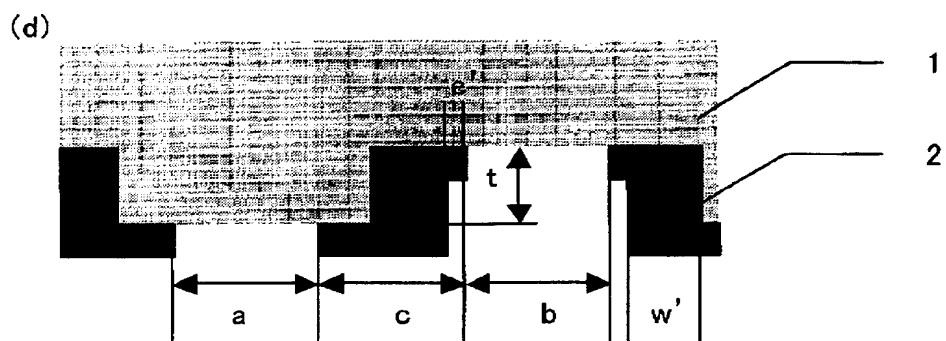
【書類名】

図面

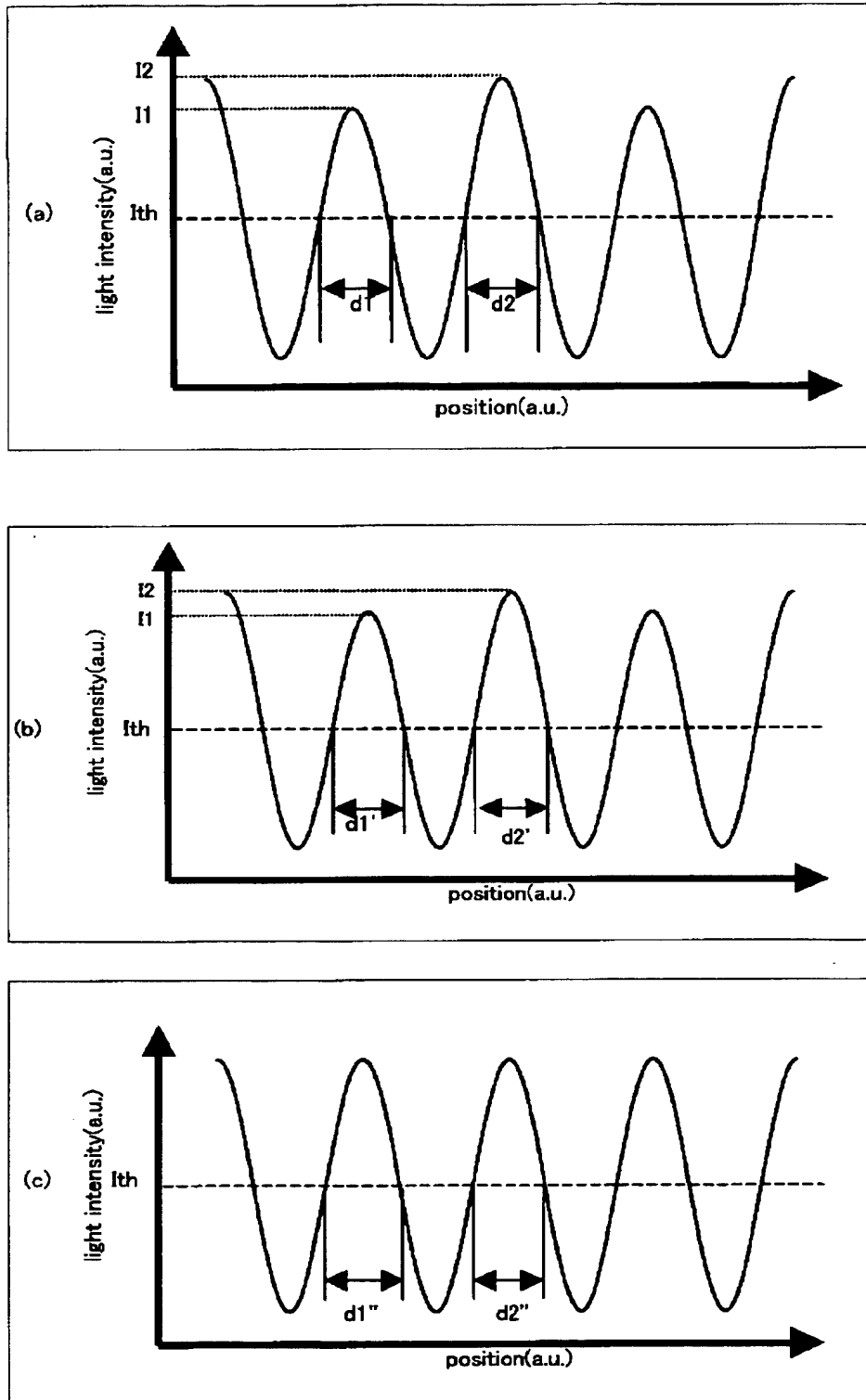
【図 1】



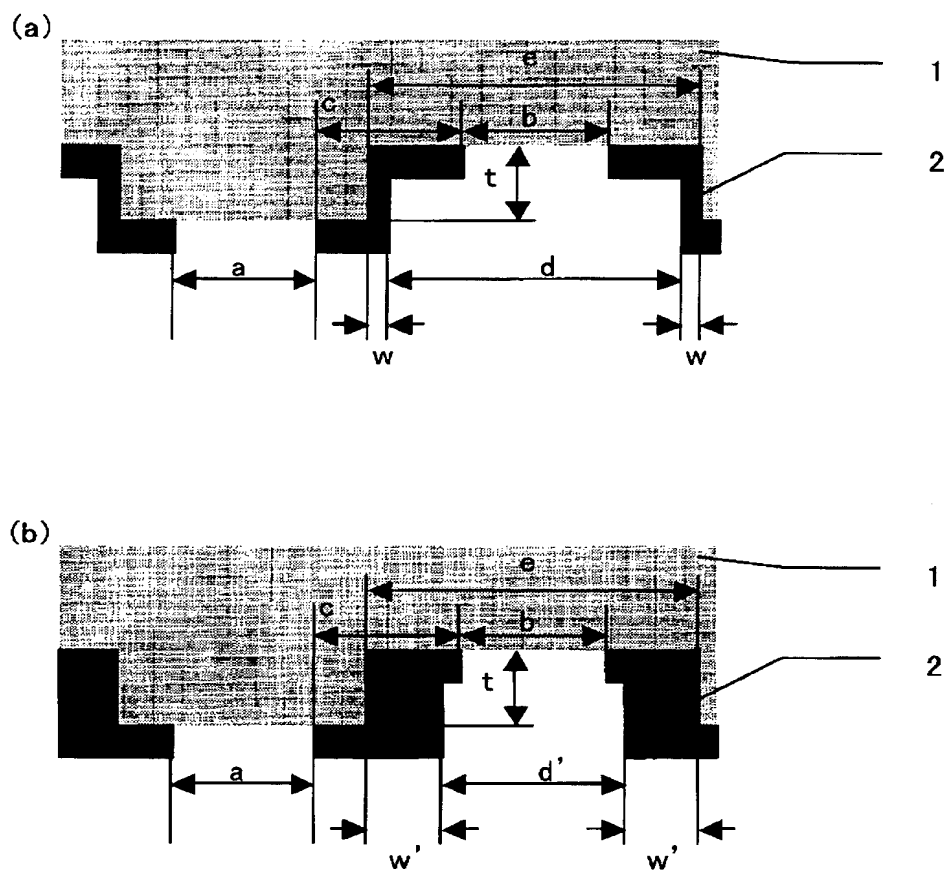
【図 2】



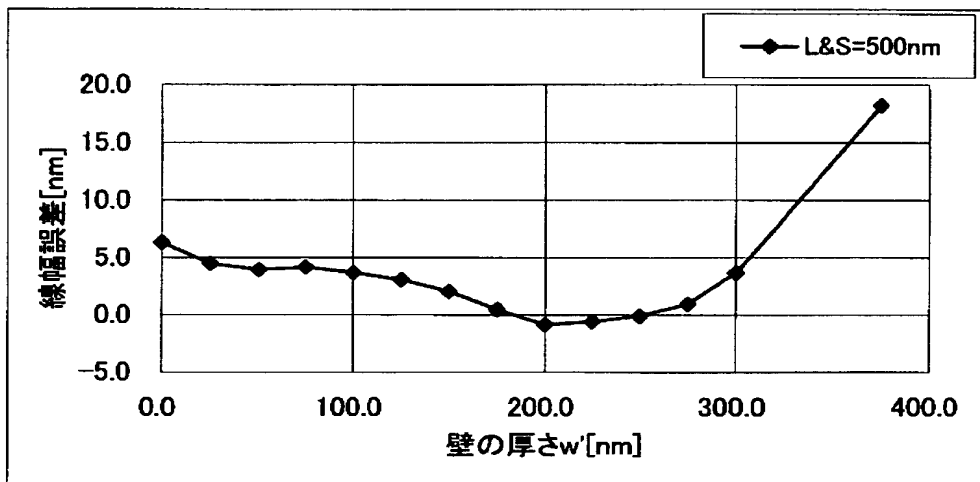
【図 3】



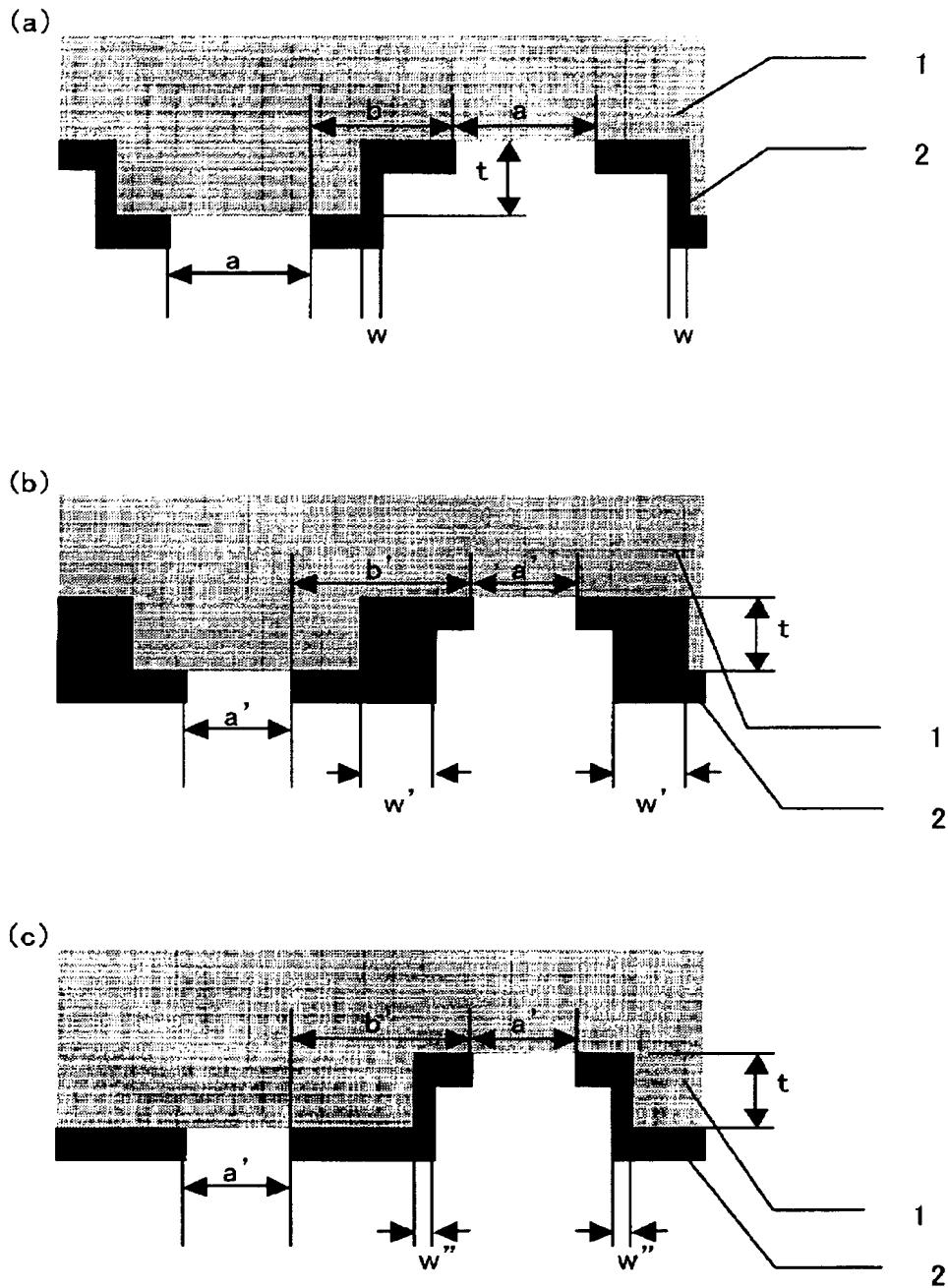
【図 4】



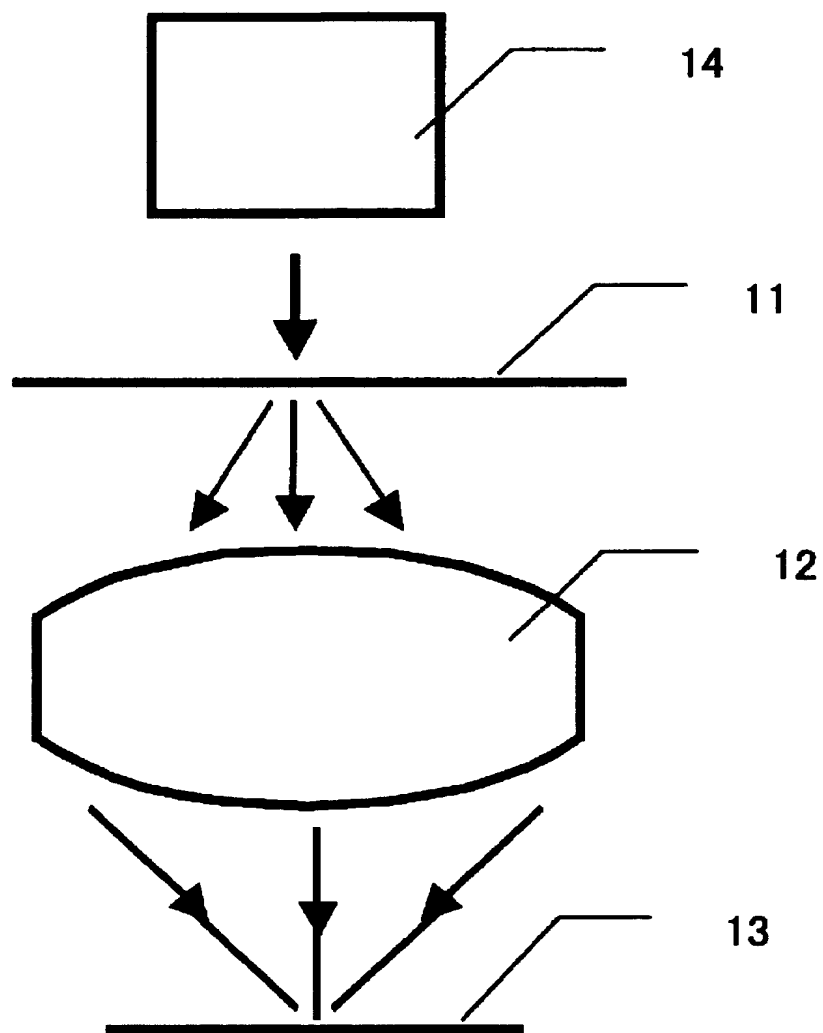
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い転写パターン寸法を実現できる位相シフトマスクが製造でき、さらに高い転写精度を実現することで高性能な大規模集積回路の製造が可能となる位相シフトマスク、該位相シフトマスクを用いたパターン形成法、該パターン形成法による固体素子を提供する。

【解決手段】 位相シフトマスクにおいて、マスク基板を掘り込むことで位相シフトを形成して、遮光膜を非掘り込み部から前記掘り込みまで延在させ、該掘り込み側部に設けられた遮光膜の厚さを変化させることによって、位相シフトマスクにおける掘り込み非掘り込み部の結像強度をなくすように構成する。

【選択図】 図 1

特 願 2 0 0 2 - 1 8 0 9 4 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1 . 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
氏 名 キヤノン株式会社